



# ŠTATISTICKÝ PRIESKUM O PREVENCII ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ (ZH) V ČLENSKÝCH ŠTÁTOCH EÚ V ROKOCH 2000-2023

## STATISTICAL SURVEY ON THE PREVENTION OF MAJOR ACCIDENTS IN EU MEMBER STATES IN THE YEARS 2000-2023

KATARÍNA HOLLÁ, SAMUEL KOČKÁR

**ABSTRACT:** *The article provides a statistical analysis of serious industrial accidents (SIAs) in European Union Member States between 2000 and 2023, with a particular focus on the general chemicals manufacturing sector, which recorded the highest number of SIAs. Utilizing data from the eMARS database, the study examined 124 accident reports from this high-risk sector, accounting for 10.4% of all recorded incidents. The findings revealed that toxic spills were the predominant physical consequence, with primary causes identified as technical equipment failures, improper working practices, and organizational deficiencies. Furthermore, the study underscores the impact of the SEVESO III Directive, implemented in 2015, in significantly reducing accident occurrences, particularly in recent years. These results highlight the ongoing need to enhance safety measures and risk management strategies in industrial operations.*

**KEYWORDS:** *eMARS, Seveso, serious industrial accidents, prevention.*

### 1. ÚVOD

Prevenca závažných priemyselných havárií (ZPH) v priemyselných podnikoch si v Európskej únii (EÚ) v období rokov 2000 až 2023 získala značnú pozornosť. Počas tohto obdobia došlo k významným pokrokom v regulačných rámcoch a metodikách zberu údajov, čo umožnilo lepšie pochopenie a zmiernenie rizík spojených s priemyselnými aktivitami (De Marchi, 1991). Tieto pokroky zdôrazňujú rastúci dôraz na zlepšovanie bezpečnostných správ a znižovanie pravdepodobnosti katastrofických incidentov (Joint Research Centre, 2024). Jedným zo základných rámcov na riešenie ZPH je smernica Seveso, zavedená v roku 1982 a následne revidovaná, najvýznamnejšie v roku 2012 ako smernica Seveso III (European Parliament and Council, 2022). Táto legislatíva vyžaduje od členských štátov EÚ vypracovanie komplexných bezpečnostných správ a zavedenie opatrení na prevenciu havárií v zariadeniach manipulujúcich s nebezpečnými látkami (European Commission, 2024). Smernica kladie dôraz na dôležitosť zavedenia spoľahlivých databáz na sledovanie incidentov, čím umožňuje efektívne implementovať preventívne stratégie. Spoľahlivé databázy ZPH sú kľúčové, pretože umožňujú systematické sledovanie a analýzu incidentov, čo pomáha identifikovať vzory a základné príčiny. Tieto informácie sú nevyhnutné na vývoj účinných preventívnych opatrení, ktoré zlepšujú bezpečnostné protokoly a znižujú pravdepodobnosť budúcich havárií (Arun, 2022), (Holla, 2019). Databázy a informačné systémy týkajúce sa ZPH sú kľúčovými nástrojmi pre rozhodovanie o prevencii, riadení a riešení havárií. Zhromažďujú údaje o minulých haváriách, ktoré umožňujú zainteresovaným stranám učiť sa z predchádzajúcich udalostí a aplikovať tieto poznatky na predchádzanie ďalším incidentom. Cieľom týchto databáz je podporiť výmenu skúseností získaných z chemických havárií zahŕňajúcich nebezpečné látky, čím sa zvyšuje kvalita preventívnych opatrení a zmiernujú sa potenciálne následky. Najznámejšie európske databázy ZPH zahŕňajú eMARS (eMars, 2020), eSPIRS (eSPIRS, 2020), ARIA (ARIA, 2021), FACTS (FACTS, 2022), ZEMA (ZEMA, 2022). Celosvetovo používané databázy mimo európskeho pôvodu zahŕňajú CSB (CSB, 2024), SOZOKAGU – japonskú databázu havárií (Sozogaku, 2024), IOGP (IOGP, 2024), KOSHA (IOGP, 2024) a Tukes VARO (Finish, 2024). Významným aspektom pri prevencii vzniku havárií je analýza minulých havárií (Past Accident Analysis – PAA), ktorá sa zameriava na učenie sa z historických incidentov na predchádzanie ich opakovaniu (Arun, 2022). Využívanie informácií a analýz z minulých havárií (PAA) pomáha identifikovať trendy, základné príčiny a oblasti na zlepšenie bezpečnostných protokolov (Yi, 2016). Systematická analýza historických údajov umožňuje organizáciám vypracovať ciele stratégie, ktoré zlepšujú bezpečnostné opatrenia a znižujú pravdepodobnosť závažných havárií (Carol, 2000), (He, 2011).

Tento proaktívny prístup podporuje nielen legislatívne požiadavky, ako je smernica Seveso, ale aj kultúru neustáleho zlepšovania bezpečnostných postupov v priemysle (Jacobsson, 2010). Databáza eMARS je kľúčovým zdrojom údajov o haváriách a takmer-haváriách v priemyselných zariadeniach v EÚ (eMARS, 2020). Rozhodli sme sa vytvoriť štatistiky z tejto databázy, pretože poskytuje neoceniteľné údaje o udalostiach za celé analyzované obdobie 2000–2023. Analyzovanie týchto údajov nám umožňuje identifikovať trendy a príčinné faktory a hodnotiť účinnosť bezpečnostných opatrení v priebehu času, čo je nevyhnutné na zlepšenie bezpečnostných správ a zníženie počtu vážnych havárií (Arun, 2022), (Holla, 2019).

Okrem eMARS prispela k problematike aj Európska environmentálna agentúra (EEA), ktorá poskytla údaje o environmentálnych incidentoch spojených s priemyselnými aktivitami. Ich správy zdôrazňujú prepojenie medzi priemyselnou bezpečnosťou a ochranou životného prostredia, čím posilňujú potrebu integrovaného prístupu k riadeniu rizík (European, 2019). Napriek pokroku pretrvávajú výzvy v zabezpečení komplexnosti a prístupnosti údajov o haváriách naprieč členskými štátmi (Jacobsson, 2010). Variabilita v štandardoch reportovania a definíciách závažných havárií komplikuje medzinárodné porovnanie a brzdí vývoj jednotných bezpečnostných stratégií (Tauseef, 2011).

## 2. VÝBER PRE ŠTATISTICKÝ PRIESKUM V DATABÁZE EMARS

Databáza eMARS a jej dva hlavné moduly boli zvolené ako zdroj údajov pre túto analýzu: „databáza hlásení“ o závažných priemyselných haváriách (ZPH) (eMARS, 2023) a „štatistický sumárny modul“ so štatistickými údajmi (eMARS, 2023). Analýza sa zamerala na ZPH nahlásené medzi rokmi 2000 a 2023 v členských štátoch Európskej únie. Informácie o jednotlivých haváriách boli získané priamo z „Hlásení o haváriách“, pričom každé hlásenie bolo manuálne preskúmané a štatistické údaje boli extrahované a následne triedené. Toto obdobie bolo zvolené, pretože databáza eMARS v tomto čase dosiahla vyššiu stabilitu a poskytovala spoľahlivé a štruktúrované údaje. Zároveň zahrnuje kľúčové legislatívne zmeny, ako novelu smernice SEVESO II v roku 2003 a plnú implementáciu smernice SEVESO III v roku 2015. Hoci rok 2023 bol do analýzy zahrnutý, v čase tvorby tohto článku mohli byť niektoré údaje ešte neúplné, čo mohlo ovplyvniť presnosť posledných štatistík. Nasledujúca (Tabuľka 1) uvádza desať najvýznamnejších odvetví podľa počtu nahlásených ZPH za toto obdobie (eMARS, 2023). Štúdia sa zamerala na odvetvie s najvyšším počtom ZPH – „Výroba všeobecných chemikálií“ – s počtom 124 prípadov. Treba však poznamenať, že v čase finalizácie tohto článku bolo toto odvetvie až na druhom mieste, keďže bolo „predbehnuté“ iným odvetvím, ktoré zaznamenalo mierne vyšší počet nahlásených incidentov. Všetky štatistické údaje a hlásenia zahrnuté v tejto analýze sa vzťahujú výlučne na ZPH a nezahŕňajú iné typy udalostí, ako sú „takmer-havárie“ alebo „iné udalosti“, ktoré sú taktiež zaznamenané v databáze eMARS (Tabuľka 1).

Tabuľka 1 Desať najrizikovejších priemyselných odvetví v rámci Seveso podnikov v súvislosti s výskytom ZPH (Autori)

P. č.	Priemyselné odvetvia najvyšším s výskytom ZPH v členských štátoch EÚ (2000 - 2023)	Počet ZPH
1.	Petrochemický / ropné rafinérie	128
2.	Výroba všeobecných chemikálií (inak nešpecifikovaná v zozname)	124
3.	Výroba, dodávka a distribúcia elektrickej energie	39
4.	Spracovanie kovov	34
5.	Výroba, likvidácia a skladovanie výbušnín	33
6.	Spracovanie kovov pomocou elektrolytických alebo chemických procesov	26
7.	Iná činnosť (inak nešpecifikovaná v zozname)	25
8.	Skladovanie, spracovanie a likvidácia odpadu	25
9.	Veľkoobchodné a maloobchodné skladovanie a distribúcia (s výnimkou LPG)	24
10.	Chemické zariadenia	22
	Σ	<b>480</b>

Na vykonanie podrobnejšej analýzy jednotlivých hlásení o haváriách v najviac postihnutom priemyselnom sektore bol použitý filter (Tabuľka 2) v databáze eMARS – „Vyhľadávanie hlásení o haváriách“ (eMARS, 2024), ktorý umožňuje zobrazíť konkrétne hlásenia o haváriách za obdobie rokov

2000 až 2023. Podľa kritérií filtra obsahuje databáza 124 hlásení, z ktorých bolo 115 dostupných a zahrnutých do analýzy, pričom ich charakteristiky boli spracované pomocou štatistických metód. Filter bol aplikovaný výhradne na hlásenia kategorizované ako závažné priemyselné havárie (ZPH), pričom „takmer-havárie“ alebo „iné udalosti“ boli vylúčené. Tabuľka 2 poskytuje prehľad použitých nastavení filtra, ktoré sa zameriavali výlučne na ZPH spĺňajúce požiadavky smernice SEVESO na nahlasovanie závažných priemyselných havárií.

Tabuľka 2 Kritériá výberu v databáze eMARS „Vyhľadávanie hlásení o haváriách“ (Autori)

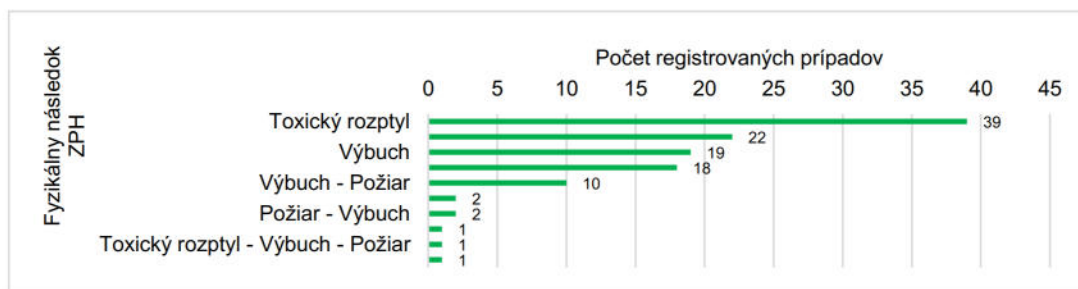
<b>Od</b>	1.1.2000
<b>Do</b>	31.12.2023
<b>Typ udalosti</b>	Závažná priemyselná havária
<b>Priemyselné odv.</b>	Výroba všeobecných chemikálií (inak nešpecifikovaná v zozname)
<b>Legislatíva</b>	Smernica Seveso I EÚ
	Smernica Seveso II EÚ
	Smernica Seveso III EÚ
<b>Zoradiť podľa</b>	Dátum začiatku (vzostupne)

Celkovo mala databáza eMARS – „Vyhľadávanie hlásení o haváriách“ – k júlu 2024 zaznamenaných 1228 hlásení závažných priemyselných havárií (ZPH) podľa všetkých kritérií. Z toho 115 dostupných a analyzovaných v tejto štúdii predstavuje približne 9,4 % všetkých hlásení kategórie ZPH za obdobie 2000–2023 v databáze eMARS. Každé z analyzovaných hlásení bolo individuálne preskúmané, pričom údaje boli cielene spracované pre štatistickú analýzu:

- Typ havárie;
- Špeciálne okolnosti;
- Fáza procesu;
- Príčina závažnej priemyselnej havárie;
- Zúčastnené zariadenie;
- Následky – Zranenia / Úmrtia;
- Finančné následky.

## Typ havárie

Závažné priemyselné havárie majú tri hlavné fyzikálne účinky: tepelný, pretlakový a toxická koncentrácia v ovzduší. Na (Obrázku 1) je zobrazený horizontálny stĺpcový graf so 115 analyzovaných hlásení o ZPH a podiele zaznamenaných fyzikálnych účinkov. Najväčší výskyt fyzikálneho následku bol toxický rozptyl látky v plynnom skupenstve – „Toxický rozptyl“, ktorý bol zaznamenaný 39-krát, čo predstavuje podiel 33,9 %. Druhé miesto obsadil následok „Požiar“ s počtom 22 a podielom 19,1 %. Na treťom mieste sa nachádza „Výbuch“ s výskytom 19-krát a podielom 16,5 % „Kvapalný únik NL“ predstavuje únik nebezpečnej látky v kvapalnom skupenstve a bol zaznamenaný 18-krát s podielom 15,7 %. Následne nasledujú kombinácie rôznych následkov (napr. požiar a výbuch súčasne), ktoré sa vyskytli v menších podieloch od 1 % do 9 %. V jednom prípade (N/A) nebolo možné určiť ani identifikovať scenár fyzikálneho účinku, čo naznačuje potenciálne nedostatky alebo nepresnosti v hlásení o havárii.

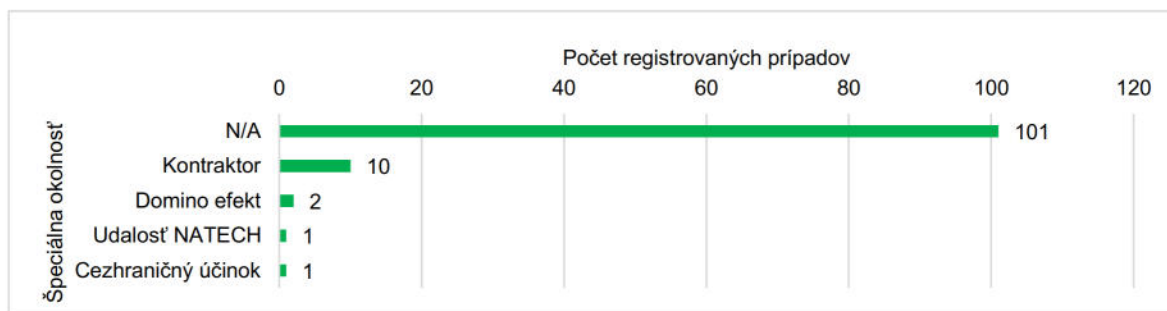


Obrázok 1 Horizontálny stĺpcový graf typov fyzikálnych následkov ZPH (2000-2023)



## Špeciálne okolnosti

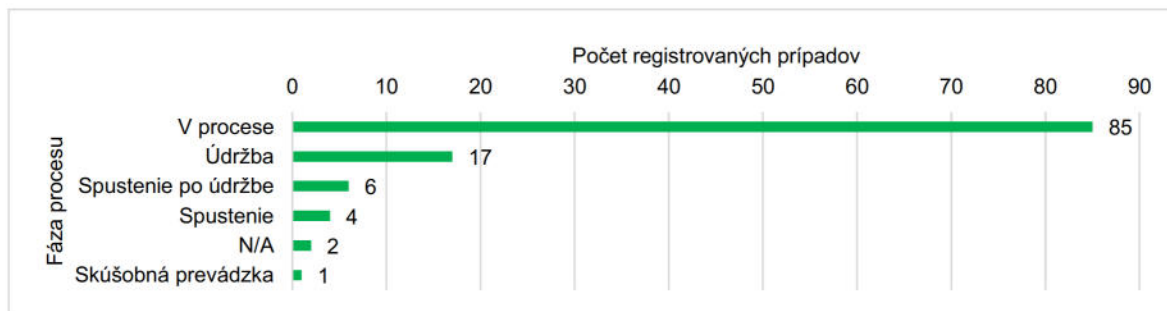
Ich výskyt v analyzovanom súbore správ o ZPH nebol príliš vysoký, ako nám ukazuje horizontálny stĺpcový graf na (Obrázok 2). Jav „Dominoefekt-u“ bol evidovaný len v 2 správach (približne 1,7 %) o ZPH. Priame zapojenie konania „Kontraktora“ – externého pracovníka do eskalácie ZPH bolo evidované v 10 správach o ZPH (približne 8,7 %). Vplyv pôsobenia negatívnych živelných prírodných javov na vznik alebo eskaláciu ZPH, tzv. „Udalosť NATECH“, sa v analyzovaných správach vyskytol len v 1 správe (približne 0,9 %). Rovnaký podiel a počet výskytu (0,9 %) bol evidovaný aj pre „Cezhraničný účinok“, kedy ZPH spôsobila následky s dosahom za hranice štátu, v ktorom havária vznikla. Zo všetkých 115 analyzovaných správ však prevažná väčšina – 101 správ (87,8 %) – spadá do kategórie „N/A“, kedy v správach nebol uvedený žiadny výskyt definovaných špeciálnych okolností



Obrázok 2 Podielu výskytu špeciálnych okolností pri vzniknutých ZPH (2000-2023)

## Fáza procesu

V rámci analyzovaných 115 správ o ZPH bol záujem smerovaný aj na „Fázu procesu“, počas ktorej ZPH vznikla. Pre účely tohto prieskumu bolo identifikovaných 5 pracovných situácií, ktoré sú štatisticky spracované na (Obrázku 3) v stĺpcovom horizontálnom grafe. Prvá a najviac vyskytujúca sa pracovná situácia bola „V procese“ čo predstavuje bežnú prevádzku 85 prípadov (74%) ZPH. Druhý najväčší výskyt ZPH podľa fázy procesu sa týkal „Údržba“, 17 prípadov (15%) kedy počas údržbárskych činností a prác došlo ku vzniku ZPH. „Spustenie“ boli 4 prípady (3%), kedy vznikla ZPH v rámci uvádzania nového zariadenia (podniku) do činnosti. „Spustenie po údržbe“ s výskytom 6 prípadov (5%) vzniku ZPH pri spúšťaní procesu po údržbe. „Skúšobná prevádzka“ predstavuje fázu procesu s najmenším zastúpením v 1 prípade (1%) ZPH nastala vo fáze skúšobnej prevádzky zariadenia. „N/A“ vyjadruje 2 prípady (2%), kedy z analyzovaných správ nebolo možné určiť vkej fáze procesu došlo ku vzniku ZPH.



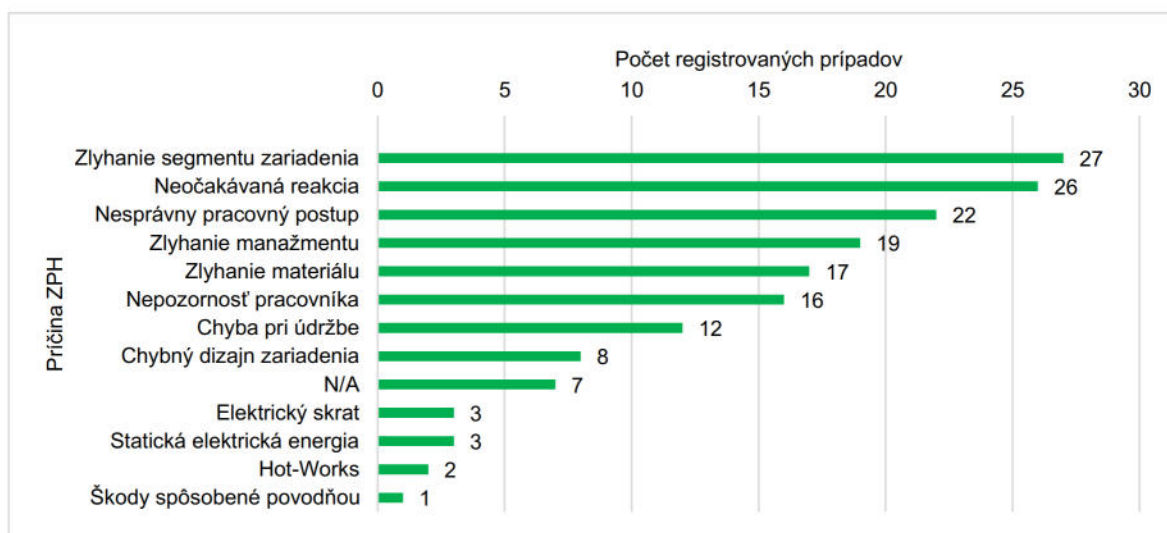
Obrázok 3 Podiel fázy procesu pri výskyte vzniku ZPH (2000-2023)

## Príčina závažnej priemyselnej havárie

Všetkých 115 analyzovaných hlásení o ZPH identifikovalo trinásť kategórií iniciujúcich príčin, ako je znázornené v horizontálnom stĺpcovom grafe (Obrázok 4). Každý prípad bol založený výlučne na dostupných informáciách z jednotlivých hlásení o ZPH v databáze eMARS. Keďže opisy boli všeobecne stručné, boli považované iba za „priame príčiny“. Identifikácia „hlavných príčin“



by vyžadovala podrobnejšie informácie. Najvyšší počet zaznamenaných prípadov pripadá na kategóriu „Zlyhanie segmentu zariadenia“, ktorá zahŕňa ZPH spôsobené zlyhaním konkrétnej súčasti zariadenia v dôsledku nesprávneho návrhu, nízkej kvality od výroby alebo únavy materiálu (napríklad ventil, hadica, tesnenie), s počtom 27 prípadov, čo predstavuje približne 23,5 %. Druhou najčastejšou príčinou bola „Neočakávaná reakcia“, kedy proces alebo zariadenie začalo za určitých podmienok reagovať nepravidelne, pričom došlo k 26 prípadom, čo predstavuje 22,6 %. Na treťom mieste sa nachádza „Chybný pracovný postup“, ktorý zahŕňa situácie, keď zamestnanci vykonali nesprávny pracovný postup, pričom táto príčina bola identifikovaná v 22 prípadoch, čo predstavuje 19,1 % „Zlyhanie manažmentu“, ktoré zahŕňa zanedbanie právnych povinností alebo nesprávne riadenie interných procesov, ako napríklad neimplementovaný systém riadenia bezpečnosti alebo nedostatok dokumentácie, bolo identifikované ako príčina v 19 prípadoch, čo predstavuje 16,5 %. Nasleduje „Zlyhanie materiálu“, ktoré sa týka prípadov ZPH spôsobených špecifickým materiálovým zlyhaním zariadenia, ako je únava materiálu alebo korózia, s počtom 17 prípadov, čo predstavuje 14,8 %. „Neopatrnosť pracovníka“ bola zistená ako príčina v 16 prípadoch (13,9 %), zatiaľ čo „Chyba údržby“ bola identifikovaná v 12 prípadoch (10,4 %). „Chyba návrhu“, ktorá sa vzťahuje na celé zariadenie, a nie len na konkrétnu súčasť, bola príčinou v 8 prípadoch, čo predstavuje 7 %. V siedmich správach (6,1 %) nebolo možné príčinu určiť, čo bolo klasifikované ako „N/A“. Analýza poukazuje na to, že „Zlyhanie časti zariadenia“ je najčastejšou príčinou závažných priemyselných havárií, čo zdôrazňuje dôležitosť dôslednej kontroly kvality a proaktívnej údržby zariadení.

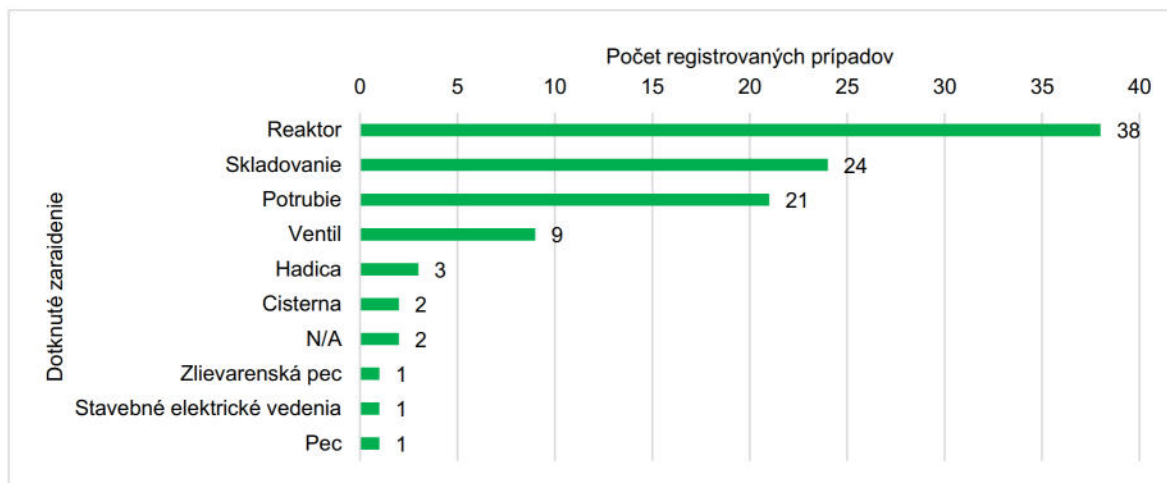


Obrázok 4 Horizontálny stĺpcový graf príčin ZPH (2000-2023)

### Dotknuté zariadenie

V stĺpcovom grafe na (Obrázku 5) sú znázornené „Zariadenia ako zdroj ZPH“ z analyzovaných 115 hlásení. „Reaktor“ bol uvedený ako zdroj ZPH v 38 prípadoch (33,0 %). „Skladovacie zariadenia“, ako napríklad skladovacie zásobníky alebo iné zariadenia na skladovanie nebezpečných látok, boli zdrojom ZPH v 24 prípadoch (20,9 %). „Potrubia“ a ich poškodenia boli zodpovedné za vznik ZPH v 21 prípadoch (18,3 %). „Ventil“, ktorého poškodenie alebo netesnosti patrili medzi časté príčiny, bol identifikovaný v 9 prípadoch (7,8 %). „Hadica“, flexibilné spojenia reaktora s prívodom nebezpečnej látky, bola poškodená v 3 prípadoch (2,6 %), čo spôsobilo ZPH. „Cisterna“ bola zdrojom ZPH v 2 prípadoch (1,7 %), ktoré zahŕňali úniky počas plnenia alebo odstávky. „N/A“ predstavuje 2 prípady (1,7 %), kde nebolo možné identifikovať zdroj ZPH v správe. Ostatných 16 zariadení, každé zastúpené jedným prípadom (0,9 %), zahŕňalo: elektroinštalácie budov, pec, baliaci systém, odstredivé čerpadlo, podávacie čerpadlo, odsávací systém, detoxikačný kúpeľ, destilačnú jednotku, plynový separátor, pec na spaľovanie pyrotechnického odpadu, dopravnú rúru, čerpadlo, odpadovú šachtu, plniacu linku, susednú továreň a železničnú cisternu.

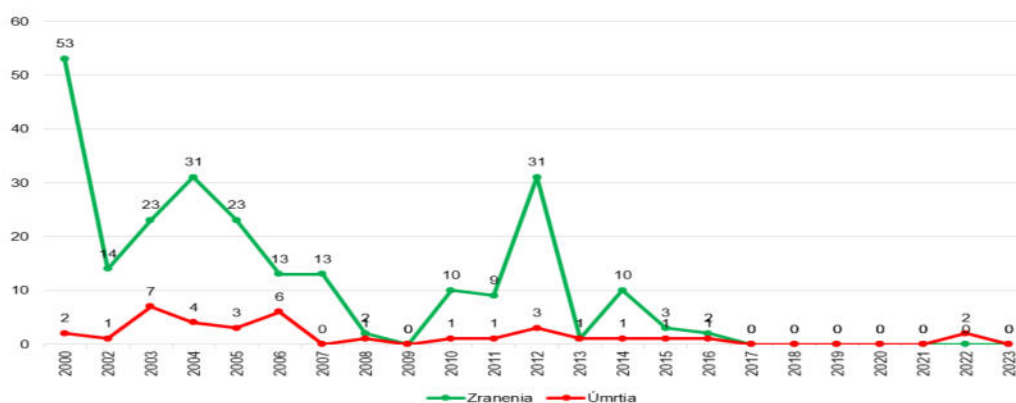




Obrázok 5 Horizontálny stĺpcový graf zariadení ako zdroj vzniku ZPH (2000-2023)

### Dôsledky – Zranenia / Úmrtia

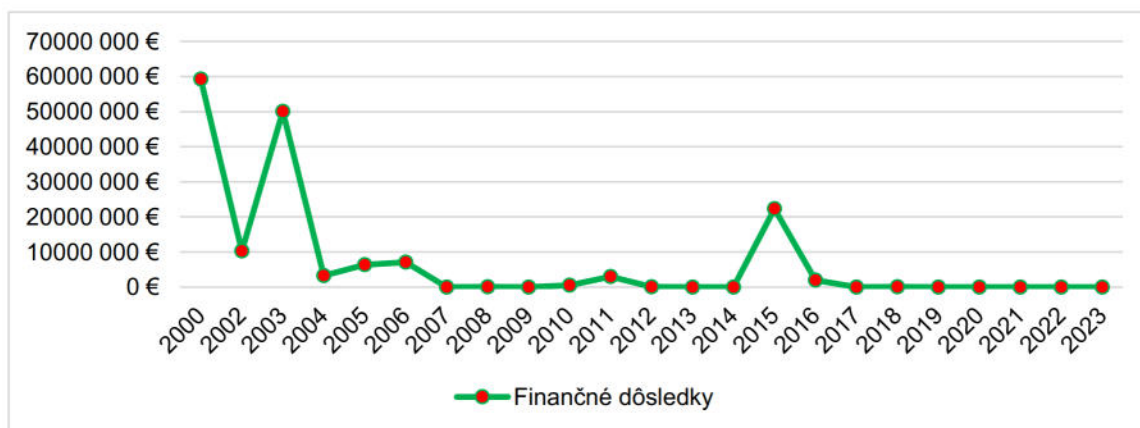
Dôsledky na osobách sú niekedy nešťastnou súčasťou ZPH, či už v podobe zranení alebo dokonca úmrtí. (Obrázok 6) zobrazuje na dvojrozmernom spojnicovom grafe počty „Zranenia“ a „Úmrtia“ v rámci ZPH zo 115 analyzovaných hlásení za obdobie 2000–2023. Rok 2001 bol však vylúčený z dôvodu extrémneho počtu zranených (2442 osôb) počas výbuchu vo francúzskej chemickej továrni AZF v Toulouse (European, 2001), čo by spôsobilo veľký výkyv (extrém) v grafe v porovnaní s ostatnými hodnotami, ktorých priemer je podstatne nižší. Graf (Obrázok 6) ukazuje výrazný rozdiel medzi oboma komponentmi; „Zranenia“ sú oveľa častejšie než „Úmrtia“. Najvyšší počet „Zranení“ bol zaznamenaný v roku 2000 (53) a 2012 (31). Naopak, ku koncu analyzovaného obdobia sa počet dôsledkov na osobách výrazne znížil, pričom pre posledné roky (2017–2023) bolo evidované len 2 úmrtia (2022) a žiadne zranenia. Tento pokles môže byť spojený s implementáciou smernice 2012/18/EÚ SEVESO III členskými štátmi EÚ, ktorá zaviedla prísnejšie požiadavky na prevenciu a riadenie rizík v priemysle. Ďalším možným faktorom je zlepšenie technologických inovácií, ktoré zvýšili spoľahlivosť a bezpečnosť zariadení. Moderné monitorovacie systémy, ako sú senzory na detekciu únikov alebo výstražné systémy reagujúce v reálnom čase, mohli prispieť k včasnému zamedzeniu eskalácie havárií. Zníženie dôsledkov na osobách môže byť tiež dôsledkom vyššieho povedomia zamestnancov a intenzívnejšieho vzdelávania v oblasti bezpečnosti práce, ktoré vyústilo do zníženia počtu chybných pracovných postupov. Prísnejšie pravidlá pre externých dodávateľov a zvyšujúca sa úroveň manažérskej zodpovednosti v prevádzkových procesoch taktiež prispeli k zlepšeniu. Navyše, nové legislatívne nástroje na úrovni EÚ a členských štátov pravdepodobne podporili lepšiu implementáciu bezpečnostných opatrení, ako je povinnosť pravidelného auditu a hodnotenia rizík. Kombinácia týchto faktorov poukazuje na neustále zlepšovanie bezpečnostnej kultúry v priemysle, čo sa prejavuje výrazným poklesom dôsledkov na osobách v posledných rokoch.



Obrázok 6 Spojnicový graf evidovaných dôsledkov Zranenie / Úmrtie (Autori)

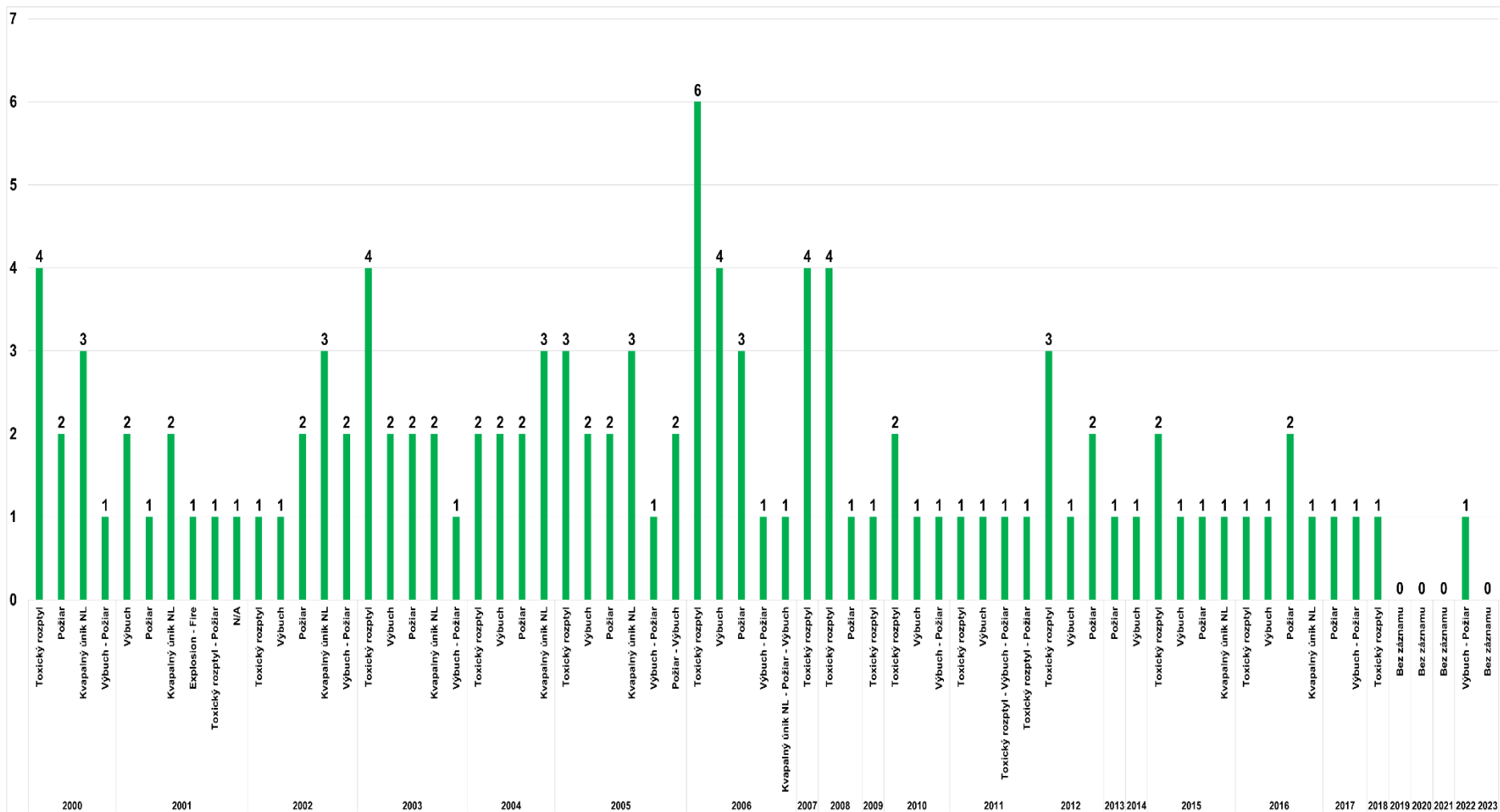
## Finančné dôsledky

Finančné dôsledky (Obrázok 7) boli poslednými analyzovanými údajmi. Zo všetkých 115 analyzovaných reportov bolo len v 30 stanovené približné vyčíslenie dôsledkov ZPH. Rovnako ako v predošlom (Obrázok 6) rok 2001 sa z dôvodu extrémneho v spojnicovom grafe nenachádza nakoľko škoda pri ZPH v Toulouse bola vyčíslená mierne nad 2 miliardy eur. Len v 5 rokoch (2001 vrátane) bola prekročená hranica škôd 10 miliónov €. Dňa 12. októbra 2000 nastal výbuch s následným požiarom v závode na výrobu syntetických živíc so škodami 50 miliónov €. Škody spôsobené ZPH v roku 2002 sú mierne nad 10 miliónov €, najväčší podiel so škodou 5,8 milióna pripadá na ZPH úniku zriedenej kyseliny sírovej z prasknutého potrubia v závode na výrobu oxidu titaničitého dňa 5. augusta.



Obrázok 7 Spojnicový graf vyčíslenia škôd ZPH (Autori)

Bezpečnosť je významným prvkom pre priemysel a jeho rozvoj ako aj okolie a osoby. Od 1. júna 2015 musia všetky členské štáty európskej únie uplatňovať v rámci národného právneho prostredia obsah smernice 2012/18/EÚ - SEVESO III (European, 2012) Hlavným cieľom tejto smernice bolo od začiatku zvyšovať bezpečnosť v podnikoch zaobchádzajúcich s nebezpečnými látkami smerom dovnútra aj vonok pre okolie. Na (Obrázku 8) je stĺpcový graf „Typ nehody“ pre ZPH z analyzovaných 115 reportov s konkrétnym fyzikálnym následkom. Môžeme vidieť, že za pozornosť stojí rok 2006, kedy nastalo až 6 „Únikov – Toxický rozptyl“, 4 „Výbuchy“ a niekoľko požiarov, čo by stálo za bližšiu analýzu. Od začiatku roku 2015 do konca roku 2023 nastalo celkovo 14 ZPH, pričom len rok 2006 registroval extrémnych 15 ZPH.



Obrázok 8 Stĺpcový graf Typu nehody - fyzikálneho následku ZPH za celé analyzované obdobie z reportov 2000 – 2023 (Autori)



Bezpečnosť je významným prvkom pre priemysel a jeho rozvoj, ako aj pre okolie a osoby. Od 1. júna 2015 musia všetky členské štáty Európskej únie uplatňovať obsah smernice 2012/18/EÚ – SEVESO III vo svojom národnom právnom prostredí. Hlavným cieľom tejto smernice bolo od začiatku zlepšiť bezpečnosť v podnikoch zaobchádzajúcich s nebezpečnými látkami, a to ako dovnútra, tak aj navonok vo vzťahu k okolitému prostrediu. Na (Obrázku 8) je zobrazený stĺpcový graf „Typ nehody“ pre ZPH z analyzovaných 115 hlásení s konkrétnym fyzikálnym následkom. Je zrejmé, že rok 2006 si zaslúži pozornosť, keďže v tomto roku bolo zaznamenaných až 6 „Únikov – Toxický rozptyl“, 4 „Výbuchy“ a niekoľko požiarov, čo by stálo za hlbšiu analýzu. Významným obdobím je aj čas po roku 2015, kedy sa implementácia SEVESO III pravdepodobne začala prejavovať na zníženom počte ZPH. Od začiatku roku 2015 do konca roku 2023 nastalo celkovo 14 ZPH, pričom rok 2006 stále vedie s extrémnymi 15 zaznamenanými ZPH. Tento pokles môže byť priamym dôsledkom sprísnenia legislatívnych opatrení, zvýšenia povedomia o bezpečnosti, ako aj technologických inovácií v oblasti detekcie a prevencie havárií.

## Diskusia

Analyzované obdobie, končiacie v rokoch 2019 až 2023, je obzvlášť pozoruhodné kvôli výraznému zníženiu počtu zaznamenaných ZPH v sektore „Výroba všeobecných chemikálií (inak nešpecifikovaných v zozname)“. Tento jav môže byť do značnej miery pripísaný implementácii smernice SEVESO III v roku 2015, ktorá pravdepodobne prispela k zvýšeniu povedomia o bezpečnosti a zlepšeniu praktík riadenia rizík v priemysle. Priama príčinná súvislosť medzi touto legislatívnou úpravou a absenciou incidentov v posledných rokoch je však ťažko dokázateľná bez ďalších údajov, keďže výsledky môžu byť ovplyvnené aj štatistickými výkyvmi. Na základe údajov pre obdobie 2000–2023 bolo v sektore všeobecných chemikálií zaznamenaných 14 ZPH od roku 2015, čo poukazuje na možné zlepšenie bezpečnostných opatrení.

V priemere sa každoročne v zariadeniach Seveso v rôznych sektoroch v Európskej únii vyskytuje približne 30 závažných havárií (European, 2024), čo naznačuje, že pozorovaný pokles môže byť do istej miery náhodný. Závažné priemyselné havárie sa vyznačujú vysokým dopadom, ale nízkou pravdepodobnosťou výskytu, čo spôsobuje typické ročné variácie v ich frekvencii. Zatiaľ čo legislatívne opatrenia poskytujú kľúčový rámec a stanovujú minimálne bezpečnostné štandardy, skutočné zlepšenia často závisia od ďalších faktorov, ako sú technologické inovácie, zlepšené manažérske praktiky a ciele vzdelávacie iniciatívy (Najor, 2014).

Analýza zároveň ukazuje, že toxický rozptyl je dominantným fyzikálnym následkom v EÚ, predstavuje 33,9 % všetkých analyzovaných prípadov. Toto zistenie naznačuje, že napriek účinnosti existujúcich regulačných rámcov sú potrebné ďalšie zlepšenia v oblastiach, ako sú systémy na zachytávanie látok a technológie detekcie, aby sa ďalej znížili riziká spojené s toxickými látkami. Dôraz by sa mal klásť na zdokonalenie technického vybavenia a školenia zamestnancov, aby sa efektívne zvládla táto špecifická výzva (Major, 2014).

Štúdia Yue Xiang a Ziyuna Wanga a ich kolegov analyzovala rovnaké časové obdobie (2000–2020) v Čínskej ľudovej republike, pričom použila širšiu vzorku hlásení (478) z dôvodu zahrnutia všetkých sektorov. Táto štúdia identifikovala explózie ako najčastejší následok (40 %), nasledovali požiare (32 %) a úniky nebezpečných látok (28 %) (Xiang, 2022). Vyšší podiel explózií v čínskych údajoch v porovnaní s údajmi EÚ (16,5 %) naznačuje možné rozdiely v priemyselnej praxi, bezpečnostných štandardoch alebo regulačných prostrediach. Podobne štúdia In Jae Shina analyzovala ZPH v Južnej Kórei (1996–2011), kde explózie opäť tvorili väčšinu (50 %), nasledovali požiare (36 %) a úniky nebezpečných látok (14 %) (Shin, 2013).

Tieto regionálne rozdiely, ako je znázornené v tabuľke 3, odrážajú rozmanitú povahu ZPH v rôznych krajinách. Napríklad zatiaľ čo toxický rozptyl predstavuje 50 % ZPH v EÚ, výbuchy dominujú štatistikám v Číne (40 %) a Južnej Kórei (50 %) (Xiang, 2022), (Shin, 2013). Tieto rozdiely môžu byť spôsobené nielen odlišnými priemyselnými praktikami, ale aj environmentálnymi faktormi, ako sú vysoké teploty v Číne počas letných mesiacov (júl a august), ktoré môžu zvyšovať riziko havárií. Vysoké teploty môžu ovplyvniť rozptyl chemikálií a zvýšiť pravdepodobnosť nehôd, čo je úvaha, ktorá môže byť relevantná aj pre analýzy v rámci EÚ.

Ľudské a manažérske faktory zohrávajú kľúčovú úlohu pri vzniku závažných havárií. V Číne sú tieto faktory často spojené s nedostatočným školením, zlou údržbou zariadení a slabým riadením bezpečnosti (Xiang, 2022). Podobné výzvy môžu ovplyvniť aj krajiny EÚ, kde je nevyhnutné nielen dodržiavať regulačné opatrenia, ale aj zlepšiť školenie pracovníkov a riadenie bezpečnosti na prevádzkových úrovniach (Major, 2014).

Od roku 2020 sa objavujú nové trendy spojené so zavádzaním moderných technológií v bezpečnostných procesoch. Najmä po pandémie COVID-19 sa výrazne zvýšil dôraz na digitalizáciu a vzdialené monitorovanie rizikových procesov. Moderné technológie, ako sú pokročilé senzory, detekčné systémy a umelá inteligencia, začali zohrávať významnejšiu úlohu v predchádzaní ZPH. Tieto inovácie môžu poskytovať včasné varovanie pred potenciálnymi rizikami, čím sa znižuje pravdepodobnosť eskalácie havárií.

Ďalším faktorom je dopad pandémie na produkčné cykly. Analogicky s Čínou, kde bol zaznamenaný pokles počtu havárií v rokoch 2003 a 2020 v dôsledku pandémie SARS a COVID-19, mohla znížená priemyselná aktivita počas pandémie podobne ovplyvniť riziko priemyselných havárií v EÚ. Tieto obdobia zníženej produkcie predstavujú príležitosť na dôkladnejšiu analýzu vplyvu ekonomických a sociálnych zmien na bezpečnosť.

Zatiaľ čo absencia hlásených havárií v EÚ v rokoch 2019 a 2020 vyvoláva dôležité otázky, širší kontext tejto analýzy sa snaží objasniť, ako rôzne regulačné rámce, priemyselné praktiky a kultúry bezpečnosti ovplyvňujú typy a frekvenciu incidentov. Disparity medzi údajmi z EÚ a Číny by nemali byť interpretované ako priame porovnanie, ale skôr ako odraz špecifických regionálnych podmienok, ktoré ovplyvňujú bezpečnosť v priemysle. Čína a Kórea boli zvolené na porovnanie vzhľadom na ich rastúci význam v globálnom chemickom priemysle a ich širokú škálu priemyselných odvetví, v ktorých zohrávajú líderskú úlohu. Tieto krajiny už nie sú outsideri v oblasti bezpečnosti priemyselných procesov, ale etablovali sa ako významní hráči v oblasti technologických inovácií a implementácie pokročilých bezpečnostných riešení. Porovnávanie údajov z týchto regiónov umožňuje analyzovať rozdiely v prístupoch k riadeniu rizík a osvetliť nové trendy v prevencii závažných priemyselných havárií. Tieto poznatky zdôrazňujú nevyhnutnosť prispôbiť bezpečnostné opatrenia miestnym podmienkam, aby sa minimalizovala frekvencia a dopad závažných priemyselných havárií vo všetkých regiónoch (European, 2024), (Major, 2014).

Na pokračovanie diskusie o závažných priemyselných haváriách (ZPH) v Európskej únii a ďalších krajinách je dôležité hlbšie sa zaoberať štatistickými nuansami a implikáciami dostupných údajov.

**Tabuľka 3** Hodnoty podielu následkov fyzikálnych účinkov (Autori)

Typ nehody	Európska únia (2000-2020)	Čínska ľudová republika (2000-2020)	Kórejská republika (1996-2011)
Únik NL	50%	28%	14%
Požiar NL	19%	32%	36%
Výbuch NL	17%	40%	50%

Rozšírený ďalší výskum v databázach MIA a eMARS priniesol významné poznatky. Podľa Travniceka et.al (Trávniček, 2021), analýza environmentálnych nehôd odhalila vyššiu koncentráciu incidentov súvisiacich s pesticídmi, hnojivami a čistiarňami odpadových vôd, čo zdôrazňuje potrebu cielenej regulácie v týchto oblastiach. Nedostatok kvantifikovateľných údajov o environmentálnych škodách však komplikuje presné hodnotenie rizík, pričom rastúci tlak na ochranu životného prostredia a implementáciu "zelených technológií" vytvára priestor pre sprísnenie regulačných rámcov. Tento trend sa prelína s problematikou starnúcej infraštruktúry, ktorú vo svojom výskume zdôraznil Gyenes, Z. (Jang, 2012). Približne 30% závažných priemyselných havárií v databáze eMARS súvisí práve so starnutím zariadení, pričom tento problém zahŕňa nielen samotný vek infraštruktúry, ale aj degradáciu materiálov a technologickú zastaranosť. Moderné riešenia, ako digitálne monitorovanie opotrebovania a prediktívna údržba, predstavujú sľubné nástroje na zmierňovanie týchto rizík.

V kontexte globálneho prístupu k databázam nehôd P. A. Arun porovnáva európsku databázu eMARS s indickou databázou CAIRS. Zatiaľ čo v Európe pozorujeme stabilný trend s miernym poklesom závažných havárií, indická databáza vykazuje nedostatky v presnosti a včasnosti hlásení. Autor zdôrazňuje potrebu lepšieho verejného prístupu k databázam a posilnenia medzinárodnej spolupráce pri zdieľaní informácií. Na zlepšenie spracovania týchto dát Shuo Yang et al. (Yang, 2023) navrhujú využitie technológií prirodzeného spracovania jazyka (NLP). Ich prístup založený na naratívnom rámci "4Ws" kombinuje strojové učenie s pravidlovým porovnávaním, čo umožňuje automatickú konverziu neštruktúrovaného textu na analyzovateľné dáta. Tento inovatívny prístup môže významne prispieť k efektívnejšej analýze rastúceho objemu dát v databáze eMARS, podporiť prevenciu havárií a vývoj účinnejších bezpečnostných stratégií, hoci je potrebný ďalší výskum v oblasti systémov spätnej väzby a testovania modelov analýzy spoľahlivosti človeka (HRA). Ľudské a manažérske faktory zohrávajú kľúčovú úlohu pri vzniku závažných priemyselných havárií (industrial accidents). V Číne sú tieto faktory často spojené s nedostatočným školením, nedostatočnou údržbou zariadení a slabými bezpečnostnými manažérskymi praktikami (safety management practices). Podobné výzvy môžu ovplyvniť aj krajiny Európskej únie (EÚ), kde je nevyhnutné nielen dodržiavať regulačné opatrenia (regulatory measures), ale aj zlepšiť školenie zamestnancov (employee training) a riadenie bezpečnosti na operačnej úrovni (operational safety management).

Ďalším zásadným aspektom je vplyv makroekonomických faktorov (macroeconomic factors) na frekvenciu havárií. Podobne ako v Číne, kde bol zaznamenaný pokles počtu havárií v rokoch 2003 a 2020 v dôsledku pandémie SARS a COVID-19 (SARS and COVID-19 pandemics), znížená priemyselná aktivita počas pandémie mohla analogicky ovplyvniť riziko priemyselných havárií v EÚ. Tieto obdobia obmedzenej produkcie predstavujú príležitosť na hlbšiu analýzu vplyvu ekonomických a sociálnych zmien (economic and social changes) na bezpečnosť v priemysle. Hoci absencia hlásených havárií v EÚ v rokoch 2019 a 2020 a výrazný pokles v období 2020–2023 vyvolávajú dôležité otázky, širší kontext tejto analýzy sa zameriava na objasnenie toho, ako rôzne regulačné rámce (regulatory frameworks), priemyselné praktiky (industrial practices) a kultúra bezpečnosti (safety culture) ovplyvňujú typológiu a frekvenciu incidentov (typology and frequency of incidents). Disparity medzi údajmi z EÚ a Číny by nemali byť interpretované ako priame porovnanie, ale skôr ako reflexia špecifických regionálnych podmienok (regional conditions) ovplyvňujúcich priemyselnú bezpečnosť. Tieto poznatky zdôrazňujú potrebu prispôbiť bezpečnostné opatrenia (safety measures) miestnym podmienkam, aby sa minimalizovala frekvencia a dopad závažných priemyselných havárií vo všetkých regiónoch (all regions).

### 3. ZÁVER

Táto štúdia analyzuje 115 závažných priemyselných havárií (ZPH) v chemickom priemysle v EÚ v rokoch 2000–2023 na základe údajov z databázy eMARS. Identifikované vzorce, príčiny a dôsledky incidentov poskytujú základ pre zlepšenie bezpečnostných rámcov. Toxický rozptyl bol najčastejším následkom (33,9 %), nasledovaný požiarom (19 %) a výbuchmi (16,5 %). Tento trend zdôrazňuje potrebu lepšej kontroly únikov nebezpečných látok napriek technologickému pokroku. Hlavnými príčinami boli zlyhanie zariadení (24,3 %) a nesprávne pracovné postupy (20 %), čo poukazuje na nutnosť pravidelnej údržby, modernizácie a školení. Väčšine incidentov (88 %) sa dalo predísť lepším riadením rizík. Od roku 2020 došlo k výraznému poklesu havárií, čo možno pripísať smernici SEVESO III a obmedzenej priemyselnej aktivite počas pandémie COVID-19. Porovnania s regiónmi, ako Čína a Južná Kórea, ukazujú odlišné vzorce – v EÚ dominuje toxický rozptyl, zatiaľ čo v Ázii výbuchy a požiare (40–50 %). Tieto rozdiely zdôrazňujú význam lokalizovaných preventívnych stratégií. Databáza eMARS je kľúčová pre bezpečnostné riadenie založené na údajoch. Pokročilé analytické nástroje, ako spracovanie prirodzeného jazyka a strojové učenie, by mohli zlepšiť identifikáciu trendov. Harmonizácia hlásenia nehôd v EÚ by zvýšila spoľahlivosť údajov a umožnila jednotnejší prístup k bezpečnosti. Do budúcnosti efektívna prevencia ZPH vyžaduje integrovaný prístup, ktorý presahuje rámec súladu s regulačnými opatreniami. To zahŕňa podporu bezpečnostnej kultúry zameranej na neustále učenie sa z minulých incidentov, integráciu technologických inovácií a zlepšovanie školenia pracovníkov na zvýšenie povedomia o rizikách a zlepšenie prevádzkových postupov. Investície do výskumu skúmajúceho súhrn medzi ľudskými faktormi, technologickým pokrokom a regulačnými prostrediami sú nevyhnutné na vývoj komplexných bezpečnostných stratégií.



Na záver, táto štúdia prináša cenné poznatky o dynamike ZPH v chemickom priemysle EÚ a ponúka odporúčania založené na dôkazoch na zníženie frekvencie a závažnosti takýchto incidentov. Riešením identifikovaných nedostatkov a zavedením cieľených zlepšení môžu zainteresované strany posilniť bezpečnostné rámce v priemysle, chrániť pracovníkov a životné prostredie a zabezpečiť udržateľný rozvoj priemyslu.

## POĎAKOVANIE

*Tento článok vznikol s podporou projektov APVV-20-0603 „Vývoj nástrojov na hodnotenie rizík vybraných podnikov a profesií v SR v súlade s požiadavkami EÚ“ a EACEA.KA2 - Spolupráca pre inovácie a výmenu dobrej praxe a SAFAR - situačné uvedomovanie hasičov v rámci imerzného XR cvičiska.*

## LITERATÚRA

- ARIA. (2021). Analyse, Recherche et Information sur les accidents. ARIA Database. [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>
- Arun, P. A., Tauseef, S. M., & Uniyal, U. (2022). Comparison of accident databases and analysis of past industrial accidents in the chemical process industry. *Engineering Technology & Applied Science Research*, 12(4), 8922–8927. [cit. 2024-06-14]. Available from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000843479700023>
- Carol, S., Vilchez, J. A., & Casal, J. (2000). Updating the economic cost of large-scale industrial accidents: Application to the historical analysis of accidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 13(1), 49–55. [cit. 2024-06-20]. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0950-4230\(99\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S0950-4230(99)00053-4)
- CSB. (2024) The U.S. Chemical Safety Board. About the CSB. [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://www.csb.gov/>
- De Marchi, B. (1991). The Seveso Directive: An Italian pilot study in enabling communication. *Risk Analysis*, 11(2), 207–215. [cit. 2024-06-13]. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1991.tb00597.x>
- eMARS Accident Reports, 2023. [online] [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/search>
- eMARS Statistics, 2023. [online] [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/statistics/statistics>
- eMARS. (2020). The Major Accident Reporting System. eMARS EC. [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/content>
- eSPIRS. (2020). Seveso Plants Information Retrieval System. eSPIRS EC. [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://espirs.jrc.ec.europa.eu/en/espirs/content>
- European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations. Industrial accidents. European Civil Protection Knowledge Network. [cit. 2024-11-22]. Available from: <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/eu-overview-risks/human-induced-risks/industrial-accidents>
- European Commission. (2001). Severe explosion in a nitric acid manufacturing installation (Accident ID: 000485). Major Accident Hazards Bureau. [cit. 2024-06-24]. Available from: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/c7688641-41d0-75ab-562d-cc180f10bf89>
- European Commission. *Industrial accidents*. [cit. 2024-06-14]. Available from: [https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-accidents\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-accidents_en)
- European Environment Agency. (2019). *Air quality in Europe – 2019 report*. European Environment Agency. [cit. 2024-06-20]. Available from: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>
- European Parliament and Council. (2012). Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances. *Official Journal of the European Union*. [cit. 2024-06-13]. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2012/18/oj>
- FACTS. (2022). Failure and Accidents Technical Information System. Welcome FACTS. [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://eecentre.org/resources/facts-chemical-accident-database/>
- Finnish Safety and Chemicals Agency (Tukes). *Accidents*. [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://tukes.fi/en/dotthis/accidents>
- He, G. Z., Zhang, L., Lu, Y. L., & Mol, A. P. J. (2011). Managing major chemical accidents in China: Towards effective risk information. *Journal of Hazardous Materials*, 187(1–3), 171–181. [cit. 2024-06-20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.01.017>
- Holla, K., & Moricova, V. (2019). Specifics of monitoring and analysing emergencies in information systems. *Transportation Research Procedia*, 40, 1343–1348. [cit. 2024-06-14]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.186>
- IOGP. (2024). The International Association of Oil & Gas Producers Safety Zone. Welcome to the IOGP Safety Zone. [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://safetyzone.iogp.org/Main.asp>
- Jacobsson, A., Sales, J., & Mushtaq, F. (2010). Underlying causes and level of learning from accidents reported to the MARS database. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 23(1), 39–45. [cit. 2024-06-20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2009.05.002>

- Jang, N., Koo, J., Shin, D., Jo, M. S., Yoon, Y., & Yoon, E. S. (2012). Development of chemical accident database: Considerations, accident trend analysis and suggestions. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 29(1), 36–41. [cit. 2024-11-22]. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11814-011-0149-7>
- Joint Research Centre. *Internal emergency planning: Technical working group on Seveso inspections*. [cit. 2024-06-13]. Available from: [https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/technical\\_working\\_group\\_2\\_seveso\\_inspections/cic\\_internal\\_emergency\\_planning](https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/technical_working_group_2_seveso_inspections/cic_internal_emergency_planning)
- Korean Occupational Safety and Health Agency (KOSHA). *Occupational safety programs and industrial accident statistics*. [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://www.kosha.or.kr/english/>
- Major Accident Hazards Bureau (MAHB). (2014). Lessons Learned Bulletin No. 5: Final for the web. Joint Research Centre, European Commission. [cit. 2024-11-22]. Available from: [https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/5\\_mahb\\_bulletin\\_no5\\_final\\_fortheweb](https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/5_mahb_bulletin_no5_final_fortheweb)
- Shin, J. I. (2013). Major industrial accidents in Korea: The characteristics and implications of statistics 1996–2011. *Process Safety Progress*, 32(4), 326–332. [cit. 2024-06-20]. Available from: <https://doi.org/10.1002/prs.11551>
- Sozogaku - Failure Knowledge Database. (2024). [cit. 2024-06-17]. Available from: <http://www.sozogaku.com/fkd/en/>
- Tauseef, S. M., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2011). Development of a new chemical process-industry accident database to assist in past accident analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(4), 426–431. [cit. 2024-06-20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2011.03.005>
- Trávníček, P., Tichá, Z., & Kotek, L. (2021). Statistical and text analysis of major accidents to the environment in European Union. *Process Safety Progress*, 40(3), 1–12. [cit. 2024-11-22]. Available from: <https://doi.org/10.1002/prs.12255>
- Xiang, Y., Wang, Z., Zhang, C., Chen, X., & Long, E. (2022). Statistical analysis of major industrial accidents in China from 2000 to 2020. *Process Safety and Environmental Protection*. [cit. 2024-06-20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.09.012>
- Yang, S., & Demichela, M. (2023). A data-driven narratives skeleton pattern recognition from accident reports dataset for human-and-organizational-factors analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 83, 105047. [cit. 2024-11-22]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2023.105047>
- Yi, K. H., & Lee, S. S. (2016). A policy intervention study to identify high-risk groups to prevent industrial accidents in Republic of Korea. *Safety and Health at Work*, 7(3), 213–217. [cit. 2024-06-20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2015.12.007>
- ZEMA. (2022). Enterprise Data Management. Welcome to ZEMA. [cit. 2024-06-17]. Available from: <https://www.infosis.uba.de/index.php/en/site/13941/zema/index.html>

---

**Katarína Hollá, doc. Ing. PhD.**

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 1. mája 32, Žilina, Slovensko  
katarina.holla@uniza.sk

**Samuel Kočár, Ing. PhD.**

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 1. mája 32, Žilina, Slovensko  
samuel.kockar@uniza.sk

---